AUS DEM HYGIENISCH-BAKTERIOLOGISCHEN INSTITUT
DER UNIVERSITÄT BERN
DIREKTOR: Prof. Dr. C. HALLAUER
ARBEIT UNTER LEITUNG von P. D. Dr. med. R. REGAMEY

PRÜFUNG ZWEIER VERFAHREN ZUR WASSERENTKEIMUNG

I. Chlorierung nach Zerhyd
II. Versilberung mit Rhenasept

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER WÜRDE EINES DOCTOR MEDICINAE
DER UNIVERSITÄT BERN

VORGELEGT VON

WILLY BRATSCHI, ZAHNARZT
AUS SAFNEREN BEI BIEL (BERN)

Buchdruckerei Vogt-Schild A.-G., Solothurn
1943

Auf Antrag des Herrn Professor Dr. C. Hallauer von der medizinischen Fakultät zum Druck als Dissertation genehmigt.

Bern, den 2. Juni 1943.

Der Dekan der medizinischen Fakultät:
Prof. Dr. *A. v. Muralt.*

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Inhalt

Seite

Einleitung 5

I. Chlorierung nach Zerhyd 7

Versuche mit der Wasserentkeimungsanlage «Zerhyd» 9

1. Versuche mit Leitungswasser und Bact. coli 12

2. Versuchsreihe mit stark verschmutztem Wasser 16

3. Dauer der Leistungsfähigkeit des Filters 19

Zusammenfassung 21

Beurteilung und Abänderungsvorschläge 22

II. Versilberung mit Rhenasept 23

Einleitung 23

Versuche über Versilberung mit Rhenasept 24

Versuche über Filtration durch ein Rhenaseptfilter 24

1. Versuche mit 50 g 1 % Rhenasept-Kieselgur 27

2. Versuche mit 50 g 4,5 % Rhenasept-Kieselgur 29

3. Versuche mit 200 g 4,5 % Rhenasept-Kieselgur 31

4. Versuche mit 1 % Rhenasept-Steinen 32

Kübelversuche 36

5. Versuche mit 200 g 4,5 % Rhenasept-Kieselgur 37

6. Versuche mit 400 g 4,5 % Rhenasept-Kieselgur 38

Prüfung des Wassers auf seinen Silbergehalt 40

Zusammenfassung 41

Allgemeine Beurteilung und Verbesserungsvorschläge 41

Literatur 42

Einleitung

Wie lebenswichtig einwandfreies Trinkwasser ist, merkt der einzelne meist erst in aussergewöhnlichen Zeiten, besonders als Soldat im Kriege. Trotz vieler Versuche und mancher Fortschritte ist aber das Problem der Trinkwasserversorgung im Heere auch heute noch nicht restlos gelöst. Von den verschiedenen, mehr oder weniger brauchbaren Methoden der Wasserentkeimung: Abkochen, Chlorierung, Filtration mit Sand-, Ton-, Asbestfiltern, Versilberung, Ozonisierung, Ultraviolettbestrahlung (cf. Regamey [15]) wollen wir zwei, die der Chlorierung und Versilberung, prüfen. Wir verlangen von einem brauchbaren Verfahren, dass alle menschenpathogenen Keime vernichtet werden, dass der Betrieb einfach und billig ist und dass das Trinkwasser weder in Geruch noch in Geschmack beeinträchtigt wird. Wenn eine Methode diese Anforderungen erfüllt, so kann sie im Felde angewandt werden, und daraufhin wollen wir nun die zwei Verfahren prüfen.

I. Chlorierung nach Zerhyd

Kurzer Ueberblick über die Entwicklung der Chlorierung. Schon *Koch* [1] erkannte 1881 die guten bakteriziden Eigenschaften des Chlors, sowie auch *Fischer* und *Proskauer* [2], die 1884 über die Desinfektion mit Chlor und Brom eine Mitteilung machten. *Nissen* [3] konnte 1890 Choleravibrionen und Typhusbazillen mit sehr verdünnter Chlorkalklösung in zehn Minuten abtöten. *Traube* [4] stellte 1894 fest, dass stark verunreinigtes Wasser in zwei Stunden entkeimt werden konnte, wobei ein Teil wirksamen Chlors auf eine Million Teile Wasser kam. Im selben Jahre konnte *Kratschmer* [5] mit der gleichen Menge Chlor in kurzer Zeit Typhus- und Cholerakeime abtöten. Um die Wirkung des Halogens zu vergrössern, wurde von *Karlinski* [6] eine Vorfiltration des zu entkeimenden Wassers durchgeführt. Um 1900 richtete *Duyk* [7] mittels des Ferrochlorverfahrens eine Entkeimungsanlage mit einer täglichen Leistung von 100 m^3 Wasser ein. *Hühnermann* und *Deiter* [8] berichteten 1901 über Wasserentkeimung mit Natriumhypochlorit, wobei das nicht verbrauchte Chlor mit Natriumsulfit neutralisiert wurde. Ein weiterer Fortschritt wurde durch *Ballner* [9] 1904 erzielt, der Chlorgas zur Desinfektion verwendete. 1907 wurde von *Raschig* [10] das Monochloramin NH_2Cl hergestellt. Es wurden dann auch Di- und Trichloramine verwendet, ferner liess man der Chlorung eine Präammonisierung, Versilberung und Kupferung vorangehen. Heute wird fast überall die Wasserentkeimung mit Chlorgas durchgeführt.

Wirkungsweise der Chlorung und Neutralisierung des überschüssigen Chlors. Auf Grund folgender Eigenschaften hat das Chlor unter den Desinfizientien eine Vorzugsstellung einnehmen können.

1. Chlor entreisst organischen Stoffen Wasserstoff und bildet Chlorsubstitutionsverbindungen.

2. Chlor bildet mit Wasser Sauerstoff in statu nascendi:

$$H_2O + 2\ Cl = 2\ HCl + O.$$

Die entstehende Salzsäure verbindet sich sofort mit den Carbonaten des Wassers.

3. Es entstehen ferner noch unbeständige Chlorsauerstoffverbindungen, wie Hypochlorite, die ihrerseits beim Zerfall wieder aktiven Sauerstoff liefern.

Damit das Chlor in der besprochenen Weise reagieren kann, muss immer Feuchtigkeit vorhanden sein, da trockenes Chlor trokkene Stoffe nicht angreift.

Zur Vernichtung aller pathogenen Keime ist eine bestimmte Menge Chlor nötig. Diese muss umso grösser sein, je mehr organische Stoffe das Wasser enthält. Es können so Geruch und Geschmack des Wassers derart verändert werden, dass es ungeniessbar wird. *Zur Entfernung des überschüssigen Chlors* gibt es verschiedene Mittel, wie Wasserstoffsuperoxyd:

$$H_2O_2 + Cl_2 \rightarrow 2\ HCl + O_2$$

oder Natriumbisulfit:

$$NaHSO_3 + H_2O + Cl_2 \rightarrow NaHSO_4 + 2\ HCl$$

oder Natriumthiosulfat:

$$2\ Na_2S_2O_3 + Cl_2 \rightarrow 2\ NaCl + Na_2S_4O_6$$

und andere.

Auch aktive Kohle kann zur Absorption des Chlors verwendet werden.

Besprechung einiger im Felde verwendeter Präparate:

Chlorkalk: Man erhält ihn, indem man Chlor über Calciumhydroxyd leitet:

$$Ca(OH)_2 + Cl_2 \rightleftarrows Ca\begin{matrix}OCl\\Cl\end{matrix} + H_2O$$

Es ist ein Salz der Salzsäure und der unterchlorigen Säure. In Gegenwart von schwachen Säuren entwickelt sich Chlor und Sauerstoff:

$$CaOCl_2 + H_2CO_3 \rightarrow CaCO_3 + H_2O + Cl_2 \rightarrow CaCO_3 + 2\ HCl + O$$

In Wasser gelöst, entsteht auch unterchlorige Säure, die O_2 entwickelt.

Chlorkalk ist billig, leicht zu beschaffen, bildet keine giftigen Nebenprodukte; nachteilig ist, dass der Chlorgehalt zwischen 35 % und 15 % schwankt und mit organischen Stoffen leicht Niederschläge gebildet werden.

Caporit: Es ist ein nach Patentverfahren hergestelltes Calciumhypochlorit mit einem Chlorgehalt von 70—75 %. Caporit ist länger haltbar als Chlorkalk und mehr für den Kleingebrauch bestimmt. Es wird in der deutschen Armee in Form von Tabletten verwendet (Desazon Bayer). Man löst eine Tablette von 0,2 g in einer Gamelle auf, lässt sie 10—15 Minuten auf das Wasser einwirken und neutralisiert dann mit einer Tablette Ortizon (Wasserstoffsuperoxydharnstoff).

Aehnliche hochkonzentrierte Chlorpräparate sind *H.T.H.* (High Test Hypochlorite) und *Steridrol*, die in der amerikanischen bzw. italienischen Armee verwendet werden.

Hypochloritlaugen: Sie werden elektrolytisch aus NaCl-Lösung hergestellt. An der Kathode entsteht Na, das sich mit Wasser zu NaOH umsetzt, an der Anode Chlor:

$$2\ NaOH + Cl_2 \rightarrow NaOCl + NaCl + H_2O.$$

Der Vorteil der Hypochloritlaugen besteht in ihrer leichten Dosierbarkeit und Handhabung.

Versuche mit der Wasserentkeimungsanlage „Zerhyd" *)

Prinzip der Methode: Wasserentkeimung durch Chlor (NaOCl) und anschliessende Adsorption des Chlors durch aktive Kohle.

Die *Apparatur* besteht aus zwei Hauptteilen:

1. Einem zylindrischen Steingutgefäss von ca. 150 l Fassungsvermögen, mit abnehmbarem, plan aufgeschliffenem Deckel. Das Gefäss besitzt unten einen Tubus zur Entnahme des Wassers. In diesem Steingutkübel, in welchem das Wasser mit einer Handpumpe gemischt wird, findet die Chlorierung statt.

2. Einem kleinen zylindrischen Metallgefäss, das mit aktiver Kohle gefüllt ist. Mit einem Gummischlauch wird dieses Filter mit dem unteren Tubus des Steingutkübels verbunden. Das Wasser fliesst infolge eigener Schwerkraft durch das Kohlefilter und ist dann trinkfertig.

Als *Desinfiziens* dient Chlor in Form von NaOCl «Siegfried» (Natriumhypochlorit = Eau de Javelle) mit 10 % aktivem Chlor.

Die angestellten Versuche bezweckten:

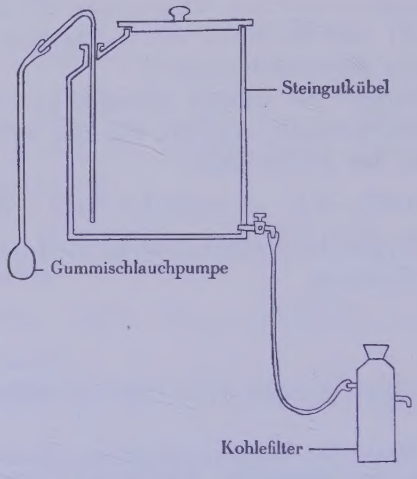
1. Die Untersuchung der Beziehungen zwischen Chlorquantum und Entkeimungszeit bei einem künstlich infizierten Trinkwasser.

*) *Apparaturhersteller:* Firma Zerhyd, Département de l'auxiliaire des chemins de fer et de l'industrie (A. C. F. I.), Vitry s/Seine (France).
Vertreter: Jacques Meister, Chemiker, Therwilerstrasse 5, Basel.

Fernerhin wurde geprüft, ob durch die Absorption mit Kohle das Chlor vollständig entfernt werden kann, so dass das Wasser einwandfrei in Geruch und Geschmack ist.

2. Dieselben Untersuchungen mit einem mit organischen Stoffen stark verunreinigten Wasser.

3. Die Prüfung, wie lange das Filter seine Leistungsfähigkeit behält.

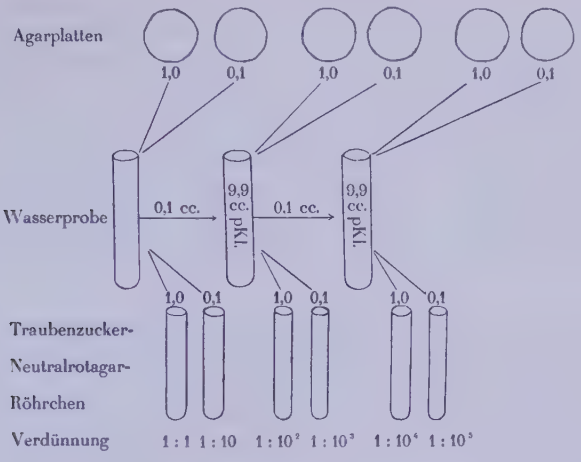


Technik. Als Testobjekte dienten:

a) Trinkwasser: Leitungswasser des Institutes (Könizquelle, präammonisiertes und chloriertes Wasser);
b) Jauche: Aus dem Güllenloch eines Bauernhofes. Mischung von menschlichen und tierischen Fäkalien;
c) Gartenerde: Aus der Umgebung einer Stallung in der Nähe des Institutes;
d) Coli: Es wurde ein aus menschlichen Fäkalien gezüchteter Colistamm verwendet. Dieser Stamm wies sämtliche Merkmale des coli commune auf. Während der gesamten Versuchszeit blieb dieser Stamm in seinen biologischen Eigenschaften (Verhalten in der bunten Reihe, Indolbildung, Beweglichkeit usw.) unverändert.

Die Beimpfung des Wassers erfolgte mit einer 18—24stündigen Bouillonkultur. Die Beurteilung der Desinfektionswirkung erfolgte durch die *Keimzählung:* Die Wasserproben bzw. ihre Verdünnungen, wurden auf Colititer und Bakterienzahl pro cc. untersucht. Es wurde von dem keimhaltigen Wasser eine Verdünnungsreihe von 1:1, 1:10 usw. bis $1:10^5$ unter ständigem Pipettenwechsel hergestellt. Die Be-

impfung der Agarplatten und der Neutralrottraubenzuckeragarröhrchen erfolgte nach dem folgenden Schema:



pKl. = physiologische Kochsalzlösung

Nach zweitätiger Bebrütung der Nährböden bei 37° C wurden Gasbildung bzw. Fluoreszenz und Entfärbung im Neutralrotagar sowie die Anzahl der Keime registriert. Die in den folgenden Tabellen angegebenen Fusszahlen entsprechen Mittelwerten und wurden z. B. für Tabelle I, erste Kolonne, so berechnet:

Wasserprobe Verdünnung	Agar	Traubenzucker
1:1		+
1:10	++++	+
1:100	6840	+ = 684'000
1:1000	1080	+ = 1'080'000
1:10'000	85	+ = 850'000
1:100'000	25	+ = 2'500'000
		Total 5'114'000

Mittelwert 5'114'000 : 4 = 1'278'000 Keime je cc.

Vor der Chlorierung besass also das Wasser 1'278'000 Keime pro cc. und der Colititer war mindestens 100'000.

Abkürzungen:
Verd. = Wasserprobeverdünnung
St. = Stunde
0 St. = kurz vor der Chlorung
½, 1, ... St. = ½, 1 ... St. nach der Chlorung
Trz. = Traubenzuckerneutralrotagar
\+ = Gasbildung in Trz.
5 ... 6840 = Anzahl der Kolonien auf dem Agar
++++ = unzählbare Kolonien.

1. Versuche mit Leitungswasser und Bact. coli

Der Kübel wurde mit 100 l Leitungswasser gefüllt und mit 50 cc. (ca. 50—100 Milliarden Keime) Bouillonkultur von B. coli beimpft. Während fünf Minuten wurde das Wasser mit der Handpumpe gemischt, darauf mit einer sterilen Zehnerpipette durch die obere breite Oeffnung des Gefässes eine Wasserprobe entnommen. Nach dem Zusatz der NaOCl-Lösung, die während fünf Minuten mit dem Wasser vermischt wurde, erfolgte die Entnahme der andern Proben nach ½, 1, 2, 3, 5, und 8 Stunden, wobei jeweils vor jeder Entnahme noch einmal drei Minuten durchgemischt wurde.

Sämtliche auf Keimzahl zu prüfenden Wasserproben stammten aus dem Kübel. Durch das Kohlefilter geflossenes Wasser war zu diesem Zweck unbrauchbar, weil der einmal infizierte Filter, z. B. von einem Wasser, welches nur ½ Stunde in Kontakt mit Chlor war, beständig unsteril blieb. Das filtrierte Wasser wurde nur für die Beurteilung der Chlorabsorption verwendet.

Die erzielten Versuchsergebnisse sind in den nachfolgenden Tabellen (1—6) wiedergegeben.

Tabelle 1: Auf 100 l Wasser : 0,5 cc. NaOCl
= 0,05 g natives Chlor
= *0,5 Millionstel Chlor*

Verdünnung	0 St. Agar	0 St. Trbz	½ St. Agar	½ St. Trbz	1 St. Agar	1 St. Trbz	2 St. Agar	2 St. Trbz	3 St. Agar	3 St. Trbz	5 St. Agar	5 St. Trbz	8 St. Agar	8 St. Trbz
1 : 1	++++	+	++++	+	++++	+	++++	+	1232	+	45	+	35	+
1 : 10	++++	+	++++	+	++++	+	6532	+	116	+	30	+	0	−
1 : 10^2	6840	+	5840	+	4860	+	860	+	12	+	12	+	0	−
1 : 10^3	1080	+	910	+	562	+	107	+	3	+	10	+	0	−
1 : 10^4	85	+	102	+	62	+	10	+	2	+	4	+	0	−
1 : 10^5	25	+	8	+	9	+	2	+	0	−	3	−	0	−
Mittelwert in 1000	1278		828		642		112		7		10		0,035	

Tabelle 2: Auf 100 l Wasser : 1,0 cc. NaOCl
= 0,1 g natives Chlor
= *1 Millionstel Clor*

Verdünnung	0 St. Agar	0 St. Trbz	1 St. Agar	1 St. Trbz	2 St. Agar	2 St. Trbz	3 St. Agar	3 St. Trbz	5 St. Agar	5 St. Trbz	8 St. Agar	8 St. Trbz
1 : 1	+		+		140	+	4	+	4	+	0	—
1 : 10	++++	+	++++	+	8	+	0	—	0	—	0	—
1 : 10^2	4830	+	2460	+	0	—	0	—	0	—	0	—
1 : 10^3	720	+	314	+	0	—	0	—	0	—	0	—
1 : 10^4	59	+	29	+	0	—	1	—	0	—	0	—
1 : 10^5	10	+	4	+	0	—	0	—	0	—	0	—
Mittelwert in 1000	698		312		0,11		0,004		0,004		0	

Tabelle 3: Auf 100 l Wasser : 2,0 cc. NaOCl
= 0,2 g natives Chlor
= *2 Millionstel Chlor*

Verdünnung	0 St. Agar	0 St. Trbz	½ St. Agar	½ St. Trbz	1 St. Agar	1 St. Trbz	2 St. Agar	2 St. Trbz	3 St. Agar	3 St. Trbz	5 St. Agar	5 St. Trbz	8 St. Agar	8 St. Trbz
1 : 1	+		1898	+	10	+	8	+	1	—	0	—	2	—
1 : 10	++	++	100	+	4	+	3	+	0	—	0	—	0	—
1 : 10^2	7200	+	29	+	0	—	1	—	0	—	1	—	0	—
1 : 10^3	844	+	2	+	0	—	0	—	0	—	0	—	0	—
1 : 10^4	77	+	1	+	0	—	0	—	0	—	0	—	0	—
1 : 10^5	14	+	0	—	0	—	0	—	0	—	0	—	0	—
Mittelwert in 1000	933		3,9		0,025		0,019		0		0		0	

Tabelle 4: Auf 100 l Wasser : 3,0 cc. NaOCl
= 0,3 g natives Chlor
= *3 Millionstel Chlor*

Verdünnung	0 St. Agar	0 St. Trbz	½ St. Agar	½ St. Trbz	1 St. Agar	1 St. Trbz	2 St. Agar	2 St. Trbz	3 St. Agar	3 St. Trbz	5 St. Agar	5 St. Trbz	8 St. Agar	8 St. Trbz
1 : 1		+	3	+	1	+	2	?	0	—	0	—	0	—
1 : 10	++++	+	1	—	0	—	0	—	0					
1 : 10^2	5880	+	0	—	0	—	0	—	0					
1 : 10^3	930	+	0	—	0	—	0	—	0					
1 : 10^4	78	+	0	—	0	—	0	—	0					
1 : 10^5	8	+	0	—	0	—	0	—	0					
Mittelwert in 1000	774		0,007		0,001		0?		0		0		0	

Tabelle 5: Auf 100 l Wasser : 4,0 cc. NaOCl
= 0,4 g natives Chlor
= *4 Millionstel Chlor*

Verdünnung	0 St. Agar	0 St. Trbz	½ St. Agar	½ St. Trbz	1 St. Agar	1 St. Trbz	2 St. Agar	2 St. Trbz	3 St. Agar	3 St. Trbz
1 : 1		+	2	+	0	—	0	—	0	—
1 : 10	++++	+	1	+	0	—				
1 : 10^2	4860	+	0	—	0	—				
1 : 10^3	630	+	0	—	0	—				
1 : 10^4	63	+	0	—	0	—				
1 : 10^5	9	+	0	—	0	—				
Mittelwert in 1000	678		0,006		0		0		0	

Sämtliche Versuche sind in der nachfolgenden Tabelle (Tab. 6), in welcher die Colipositiven Proben im Vergleich zu den NaOCl-Mengen und der Einwirkungszeit des Chlors angegeben sind, zusammengestellt:

Tabelle 6

Versuch	NaOCl-Menge pro 100 l Wasser	½ St.	1 St.	2 St.	3 St.	5 St.	8 St.
1	0,5 cc.	+	+	+	+	+	+
2	1,0 cc.	./.	+	+	+	+	–
3	2,0 cc.	+	+	+	+	–	–
4	3,0 cc.	+	+	+	–	–	–
5	4,0 cc.	+	–	–	–	./.	./.

./. = nicht untersucht

Aus den obigen Versuchen geht demnach hervor, dass eine Konzentration von $1:2 \times 10^6$ Chlor eine langsame Wirkung ausübt, die erst nach fünf bis acht Stunden bedeutend ist. Nach dieser Zeit ist das Wasser noch nicht steril. Erhöht man die Chlorkonzentration, so steigt auch das bakterizide Vermögen sehr rasch. Eine Chlorkonzentration von $1:25 \times 10^4$ genügt, um ein Wasser, welches 678'000 Keime pro cc. enthält, innerhalb einer Stunde bakterienfrei zu machen.

Was den *Chlorgeruch* anbelangt, so wurde festgestellt, dass schon bei der schwächsten Chlorkonzentration ($1:2 \times 10^6$) ein merkbarer Geruch nachzuweisen war, und in noch viel höherem Masse bei grössern Chlorkonzentrationen. Nach der Filtration durch die Kohleschicht war dagegen kein Chlorgeruch mehr bemerkbar.

Die Klarheit des filtrierten Wassers ist anfänglich durch feine Kohlepartikel etwas beeinträchtigt. Nach dem Durchfluss von 20 l Wasser erhält man jedoch ein völlig klares Wasser.

Der *Geschmack* des filtrierten Wassers wurde im Laufe dieser Versuchsreihe nicht untersucht, da sich das Filter schon frühzeitig als verunreinigt erwies. Erst nach der Sterilisation des Filters konnten wir uns überzeugen, dass das filtrierte Wasser (auch mit einer $1:2 \times 10^5$ Chlorkonzentration) nicht im geringsten nach Chlor schmeckte.

2. Versuchsreihe mit stark verschmutztem Wasser
(Leitungswasser + Coli + Jauche + Gartenerde)

Die Versuchsanordnung war dieselbe wie früher. Den 100 l Leitungswasser wurden aber ausser 50 cc. Coli-Kultur (ca. 50—100 Milliarden Coli) noch 1 kg Gartenerde und 1 l Jauche zugesetzt.

Tabelle 7: Auf 100 l Wasser : 4 cc. NaOCl
= 0,4 g aktives Chlor
= *4 Millionstel Chlor*

Verdünnung	0 St. Agar Trbz	½ St. Agar Trbz	1 St. Agar Trbz	2 St. Agar Trbz	3 St. Agar Trbz	5 St. Agar Trbz	8 St. Agar Trbz
1 : 1	+	+	+	+	+	+	+
1 : 10	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++
1 : 10^2	8200 +	5200 +	5150 +	4900 +	4800 +	4900 +	4800 +
1 : 10^3	1050 +	630 +	620 +	615 +	600 +	610 +	580 +
1 : 10^4	99 +	94 +	92 +	78 +	72 +	80 +	70 +
1 : 10^5	19 +	18 +	16 +	12 +	9 +	10 +	9 +
Mittelwert in 1000	1190	997	939	771	675	725	665

Tabelle 8: Auf 100 l Wasser : 5 cc. NaOCl
= 0,5 g aktives Chlor
= *5 Millionstel Chlor*

Verdünnung	0 St. Agar Trbz	½ St. Agar Trbz	1 St. Agar Trbz	2 St. Agar Trbz	3 St. Agar Trbz	5 St. Agar Trbz	8 St. Agar Trbz
1 : 1	+	++++	++++	9000 +	5000 +	3500 +	2300 +
1 : 10	++++	15'000 +	7500 +	1350 +	1100 +	380 +	270 +
1 : 10^2	7250 +	2450 +	720 +	150 +	96 +	59 +	43 +
1 : 10^3	650 +	290 +	70 +	22 +	9 −	5 −	5 −
1 : 10^4	66 +	25 +	9 +	2 −	3 −	0 −	0 −
1 : 10^5	7 +	6 −	0 −	3 −	0 −	1 −	0 −
Mittelwert in 1000	684	234	77	15	9	4	3

Tabelle 9: Auf 100 l Wasser : 10 cc. NaOCl
= 1,0 g aktives Chlor
= *10 Millionstel Chlor*

Ver-dünnung	0 St. Agar	0 St. Trbz	½ St. Agar	½ St. Trbz	1 St. Agar	1 St. Trbz	2 St. Agar	2 St. Trbz	3 St. Agar	3 St. Trbz	5 St. Agar	5 St. Trbz	8 St. Agar	8 St. Trbz
1 : 1		+	160	+	130	+	110	+	115	+	109	+	111	+
1 : 10	++++	+	52	+	50	+	45	+	25	+	30	+	28	+
1 : 10^2	8920	+	12	+	9	+	9	–	8	+	6	–	7	–
1 : 10^3	1060	+	1	–	0	–	3	–	3	–	7	–	1	–
1 : 10^4	90	+	0	–	0	–	0	–	0	–	1	–	0	–
1 : 10^5	16	+	0	–	0	–	1	–	0	–	0	–	0	–
Mittelwert in 1000	1113		0,6		0,5		0,3		0,4		0,2		0,2	

Tabelle 10: Auf 100 l Wasser : 15 cc. NaOCl
= 1,5 g aktives Chlor
= *15 Millionstel Chlor*

Ver-dünnung	0 St, Agar	0 St, Trbz	½ St. Agar	½ St. Trbz	1 St. Agar	1 St. Trbz	2 St. Agar	2 St. Trbz	3 St. Agar	3 St. Trbz	5 St. Agar	5 St. Trbz	8 St. Agar	8 St. Trbz
1 : 1		+	180	+	150	+	130	+	125	+	120	+	110	+
1 : 10	++++	+	58	+	30	+	32	+	22	+	23	+	19	+
1 : 10^2	7500	+	13	+	4	–	6	–	3	–	3	–	2	–
1 : 10^3	850	+	1	+	0	–	0	–	1	–	0	–	0	–
1 : 10^4	88	+	1	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–
1 : 10^5	10	+	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–
Mittelwert in 1000	870		0,8		0,3		0,3		0,2		0,2		0,2	

Tabelle 11: Auf 100 l Wasser : 20 cc. NaOCl
= 2,0 g aktives Chlor
= *20 Millionstel Chlor*

Verdünnung	0 St. Agar	0 St. Trbz	½ St. Agar	½ St. Trbz	1 St. Agar	1 St. Trbz	2 St. Agar	2 St. Trbz	3 St. Agar	3 St. Trbz	5 St. Agar	5 St. Trbz	8 St. Agar	8 St. Trbz
1 : 1			60	+	68	+	62	+	58	+	59	?	54	–
1 : 10	++++	+	22	+	21	–	22	–	21	–	21	–	16	–
1 : 10^2	7500	+	6	–	11	–	7	–	9	–	4	–	0	–
1 : 10^3	1010	+	9	–	3	–	2	–	5	–	0	–	0	–
1 : 10^4	95	+	2	–	1	–	0	–	0	–	0	–	0	–
1 : 10^5	12	+	1	–	0		0	–	0	–	0	–	0	–
Mittelwert in 1000	977		0,14		0,07		0,06		0,06		0,06	?	0	

Für die Berechnung der Mittelwerte wurden in diesen Tabellen nur diejenigen Konzentrationen berücksichtigt, die gleichzeitig Gasbildung in den Röhrchen zeigten. Die in den Tabellen 7—11 angegebenen Resultate sind in Tabelle 12 zusammengefasst.

Tabelle 12: Sammeltabelle für die Mittelwerte der zweiten Versuchsreihe.

NaOCl-Zugabe pro 100 l Wasser	0 St.	½ St.	1 St.	2 St.	3 St.	5 St.	8 St.
4,0	1190*)	997	939	771	675	725	665
5,0	684	234	77	15	9	4	3
10,0	1113	0,6	0,5	0,3	0,4	0,2	0,2
15,0	870	0,8	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
20,0	977	0,14	0,07	0,06	0,06	0,06?	0

*) Keime in Tausend pro cc.

Aus diesen Versuchen sind die folgenden Schlüsse zu ziehen:

Um ein stark verunreinigtes Wasser zu entkeimen, sind grosse Mengen von Chlor erforderlich. Selbst grosse Chlorkonzentrationen ($1:5 \times 10^4$) vermögen jedoch innerhalb acht Stunden nicht alle Keimarten abzutöten; während Coli nicht mehr nachzuweisen war, überlebten andere widerstandsfähigere Keime. Es handelt sich hier meistens um sporenbildende Bakterien, besonders aus der Gruppe des B. subtilis, B. mesentericus und weiterer Gartenerdekeime. Die Tatsache, dass B. coli innerhalb von acht Stunden abgetötet wird, spricht für die Geniessbarkeit des Wassers. Zu berücksichtigen ist, dass diese Versuchsreihe mit einem so verschmutzten Wasser durchgeführt wurde, wie es in der Praxis als Trinkwasser nie in Frage kommt. Die Leistungsfähigkeit der Chlorierung, die durch diese Versuche ermittelt wurde, ist derart, dass — vom bakteriologischen Standpunkt aus — jedes Wasser trinkfertig gemacht werden kann.

Der *Chlorgeruch* ist nach Zugabe von 4,0 cc. NaOCl pro 100 Liter Wasser beträchtlich. Mit 20,0 cc. (Tab. 11) spürt man den Jauchegeruch fast nicht mehr, sondern nur den des Chlors. Die Filtration durch die Kohleschicht ergibt ein Wasser, das weder einen Jauche- noch Chlorgeruch aufweist.

Dieses Wasser ist *klar* und *appetitlich.*

Wegen der Unsicherheit der Sterilisation des stark verschmutzten Wassers konnte während der erwähnten Versuche das filtrierte Wasser nicht auf seinen Geschmack geprüft werden.

3. Dauer der Leistungsfähigkeit des Filters

1. Versuch: Der Steingutkübel wurde mit 150 Liter Wasser gefüllt. Nach Zugabe von 100 cc. Coli-Bouillonkultur und 0,6 cc. NaOCl (0,6 g oder 4 Millionstel aktives Chlor) wurde drei Stunden gewartet und das Wasser durch das Kohlefilter geschickt. Von Zeit zu Zeit wurde eine aus dem Filter stammende Wasserprobe auf Keimhaltigkeit, Chlorgehalt («Chlorator»-Apparat) und Chlorgeruch untersucht. Nach Entleerung des Kübels wurde das Wasser unter denselben Verhältnissen erneuert. Im Laufe des Versuches erwies sich das Wasser *dauernd steril.* Der Chlorgehalt blieb ständig unter 0,1 mg pro Liter Wasser. Erst *nach 615 Liter* war die Adsorptionsfähigkeit des Filters erschöpft; der Geruch und der Geschmack nach Chlor machten sich deutlich bemerkbar.

2. Versuch: Die Versuchsanordnung war dieselbe; der Chlorzusatz betrug jedoch zwei Millionstel Chlor. Jeden Tag flossen 300 Liter durch das Filter. Nach Filtration von *fünf Tonnen Wasser*

waren noch sämtliche Proben mit weniger als 0,1 mg Chlor pro Liter geruch- und geschmacklos.

Im Laufe dieses Versuches wurde beobachtet, dass das Kohlefilter nach dem Durchfluss von 600 l Wasser mit Coli verunreinigt war, und zwar infolge eines zu kurzen Kontaktes des Wassers mit dem Chlor. Bis zum Ende des Versuches blieb das ausfliessende und filtrierte Wasser unsteril, obschon das Kübelwasser vollständig entkeimt war. Das einmal mit Bakterien verunreinigte Filter bleibt also dauernd unsteril.

Ferner wurden noch die Ergiebigkeit und die Regenerierungsmöglichkeit des Filters untersucht.

Ergiebigkeit: Bei einer Höhendifferenz von 90 cm zwischen dem Boden des Steingutgefässes (mit 100 l Inhalt) und dem Boden des Filters ist die Ergiebigkeit die folgende:

Die	1.	10-Liter-Flasche	war	nach	13,5	Min.	voll	
»	2.	»	»	»	»	13,5	»	»
»	3.	»	»	»	»	14	»	»
»	4.	»	»	»	»	14	»	»
»	5.	»	»	»	»	16	»	»
»	6.	»	»	»	»	16	»	»
»	7.	»	»	»	»	17	»	»
»	8.	»	»	»	»	17	»	»
»	9.	»	»	»	»	21	»	»

Wie vorauszusehen war, hängt die Ausflussgeschwindigkeit nicht nur von der Höhendifferenz zwischen den beiden Gefässen ab, sondern auch vom Niveau des Wassers im Kübel selbst; darum verkleinert sich die Geschwindigkeit mit der Entleerung desselben. Unter den erwähnten Verhältnissen erreicht die Ergiebigkeit einen Durchschnitt von *0,600—0,650 l in der Minute.*

Regenerierung: Eine Wiederauffrischung des Kohlefilters wird durch die folgenden Ursachen notwendig:

1. Erschöpfung der Adsorptionsfähigkeit durch Vorhandensein organischer und anorganischer Substanzen;

2. Erschöpfung durch Chloradsorption;

3. Unbrauchbarkeit des Filters wegen Verunreinigung mit Bakterien.

Je klarer das zu filtrierende Wasser ist, desto weniger wird die Kohleschicht mit Fremdkörpern beladen, und desto länger wird sie leistungsfähig bleiben. Darum muss das Wasser im Steingutkübel einer Vorfiltration unterworfen werden und genügend lange stilliegen, bevor es durch das Kohlefilter durchfliesst.

Die Erschöpfung des Filters durch das Chlor geht nicht parallel mit der Chlormenge. Im ersten Versuch war das Filter nach 615 Liter erschöpft, d. h. nach Adsorption von (6,15 × 4,0 g) 24 cc. NaOCl oder *2,4 g Chlor*. Im zweiten Versuch war das Filter mit (50,00 × 2,0 g) 100 cc. NaOCl oder *10 g Chlor* noch nicht erschöpft. Mit verdünnteren Chlorlösungen bleibt die Filterleistung viel länger erhalten, als wenn mit konzentrierteren Lösungen gearbeitet wird.

Die Regeneration des Filters wurde auf einfache Art bewirkt, nämlich durch das Durchleiten von gespanntem, auf 120° erhitztem Wasserdampf. Der Wasserdampf wurde während fünf Minuten durch das Filter geleitet, d. h. so lange, bis der aus dem Filter strömende Dampf keinen Chlorgeruch mehr aufwies. Nach einer solchen Behandlung war das Filter praktisch keimfrei und hatte seine Adsorptionskraft wieder erlangt.

Zusammenfassung

1. *Die geprüfte Wasserentkeimungsapparatur «Zerhyd» besteht aus zwei Teilen: einem Steingutgefäss von 150 l Inhalt, in welchem das Wasser chloriert wird und einem Metallgefäss, das aktive Kohle enthält und als Filter dient. Nach der Chlorierung mit NaOCl-Lösung (10 % aktives Chlor) gelangt das Wasser durch das Kohlefilter und ist trinkfertig.*

2. *Ein mit B. coli künstlich infiziertes Trinkwasser kann durch Zusatz von NaOCl vollständig entkeimt werden. Die Bactericidie ist erwartungsgemäss abhängig von der Chlorkonzentration sowie der Einwirkungsdauer. Eine Wasserprobe mit einem Coligehalt von ca. 1:1 Million/1 cc. wird durch den Zusatz von ½ Millionstel Chlor nach acht Stunden Einwirkungsdauer noch nicht sterilisiert. Wird die Chlormenge verdoppelt, so ist das Wasser innerhalb fünf bis acht Stunden keimfrei. Bei Anwesenheit von 4 Millionstel aktivem Chlor kann ein Wasser mit 678'000 Keimen pro 1 cc. bereits nach einer Stunde entkeimt werden.*

3. *Werden die organischen Substanzen im Wasser vermehrt, so muss die notwendige Chlormenge wesentlich erhöht werden. 100 l Wasser, dem 50 bis 100 Milliarden Coli, 1 kg Gartenerde und 1 l Jauche zugesetzt wurden, konnten innerhalb acht Stunden erst mit einer Chlorkonzentration von $1:5 \times 10^4$ von Coli befreit werden; sporenbildende Bakterien wurden dagegen nicht abgetötet.*

4. *Die Entfernung des Chlor-Geruches und -Geschmackes ist durch das Kohlefilter gesichert. Dieses Filter erschöpft sich mehr*

oder weniger rasch, je nach der Qualität des Wassers: Hoher Gehalt an organischen Stoffen und an Chlor inaktiviert die Kohle sehr rasch; so ist z. B. das Filter nach dem Durchfluss von 615 l Wasser mit einem Chlorgehalt von 1:2,5 × 10^5 erschöpft, während 5000 l eines Wassers mit geringerem Chlorzusatz (1:5 × 10^5 Chlor) die Kohleschicht noch leistungsfähig liessen. Das filtrierte Wasser ist klar und appetitlich. Durch die Filtration kann auch ein nach Jauche stinkendes Wasser geruchlos gemacht werden.

5. *Wenn das Filter einmal durch B. coli verunreinigt ist, so bleibt es unsteril, auch wenn nachträglich noch grössere Mengen von keimfreiem, chlorhaltigem Wasser durchfliessen. Ein infiziertes Filter muss daher durch gespannten Dampf sterilisiert werden.*

6. *Die Regeneration und Entkeimung des Filters wird durch fünf Minuten lange Einwirkung von gespanntem Dampf gewährleistet.*

7. *Die Ergiebigkeit des Filters beträgt 0,600—0,650 l pro Minute.*

Beurteilung und Abänderungsvorschläge

Somit dürfte nachgewiesen sein, dass der Zerhyd-Apparat für die Wasserentkeimung in Bunkern, kleinen Festungen und ähnlichen Anlagen geeignet ist.

Eine praktisch ausreichende Entkeimung lässt sich mit jedem verschmutzten Wasser erzielen; die Geruchlosigkeit des Trinkwassers wird durch das Kohlefilter gesichert. Die Kosten für den Bau sowie für den Unterhalt der Apparatur sind gering; die Handhabung ist äusserst einfach. Eine Verbesserung wäre in den folgenden Punkten zu erzielen:

1. Vorfiltration des verschmutzten Wassers, z. B. mit einem feinen Metallsieb.

2. Ausser der, auf gleicher Höhe wie der Boden des Kübels stehenden Ausflussöffnung, sollte noch ein zweiter Hahn 10—15 cm über dem Boden des Kübels angebracht werden, damit sich allfälliger Schmutz auf dem Boden ansammeln und man das Wasser vom obern Hahn aus durch das Kohlefilter fliessen lassen kann.

3. Den Steingutkübel könnte man durch einen Behälter aus Zement ersetzen, der in seiner Form dem vorhandenen Platz angepasst werden könnte.

II. Versilberung mit Rhenasept

Einleitung

Die oligodynamische Wirkung von Metallen wie Cu, Hg, Ag usw. wurde von *Naegeli* [11] entdeckt. *Saxl, Spät, Thiele, Wolf, Mittelbach, Doerr, Schumacher* u. a. m. suchten in Experimenten Wesen und Wirkungsart der Oligodynamie zu ergründen. Der erste, der versuchte, die Oligodynamie in den Dienst der praktischen Hygiene zu stellen, war *Krause* [12]). Er führte für sein oligodynamisch bzw. katalytisch wirksames Silber den Namen *Katadyn* ein.

Die Versuche, die Abgabe von Silberionen ins Wasser mit Hilfe von Elektroden zu dosieren, führten zum *Elektrokatadynverfahren* = EKV, bzw. zur *Cumanisierung* (Kruse). Das Verfahren nach *Kruse* [13] wird z. B. in Deutschland zur Desinfektion von Hallenschwimmbädern verwendet. *Hoffmann* [14] hat an der ETH in Zürich das EKV mit einem kleinen Apparat geprüft, der aus zwei Elektroden besteht, die in einen Behälter getaucht werden, der das zu entkeimende Wasser enthält. Die Zugabe von 120 γ Silber pro Liter Wasser bewirkt in 1 bis 2 Stunden bei Wasserproben, die 300'000 Colibakterien pro cc. enthalten, die Entkeimung.

Wenn sich das EKV gegenüber der Chlorierung bisher nicht durchsetzen konnte, so sind hierfür die folgenden Gründe massgebend:

1. Vergehen bis zur Entkeimung des Wassers mehrere Stunden.

2. Hemmen organische Substanzen, besonders S-haltige und in Fäulnis begriffene Stoffe die baktericide Wirkung so stark, dass schon bei geringer Verunreinigung eine Vorfiltration nötig ist.

Es ist daher verständlich, dass weiterhin nach oligodynamisch wirksamen Methoden gesucht wird, die zu einer raschen und zuverlässigen Entkeimung führen und daher auch unter feldmässigen

Bedingungen angewendet werden können. Ob hierzu die Versilberung mit «Rhenasept» geeignet ist, sollte in den nachfolgenden Versuchen geprüft werden.

Versuche über Versilberung mit Rhenasept

Rhenasept besteht nach Angaben des Fabrikanten*) aus Silbermangandioxyd (2 $AgMnO_2$), das an der Oberfläche von Kieselgur bzw. Silikatsteinen adsorbiert ist. Für unsere Versuche verfügten wir über Kieselgur mit 1 % und 4,5 % sowie über Silikatsteine mit 1% Rhenasept-Gehalt.

Das *Prinzip* dieses Verfahrens besteht in der oligodynamischen Wirkung der Silberionen und der gleichzeitigen Beseitigung von H_2S und Alkalisulfiden durch die oxydative Wirkung von MnO_2. Die Wirkung des Silbers erfährt demnach eine beträchtliche Steigerung, da keine Silberionenablenkung stattfindet, bzw. die Bildung von Silbersulfiden verhindert wird. Dieses Verfahren wurde auf seine Brauchbarkeit für die Herstellung von Trinkwasser unter feldmässigen Verhältnissen geprüft.

Die eingeschlagene *Versuchstechnik* war dieselbe wie früher: Die Prüfung auf Bactericidie erfolgte jedoch nur gegenüber B. coli.

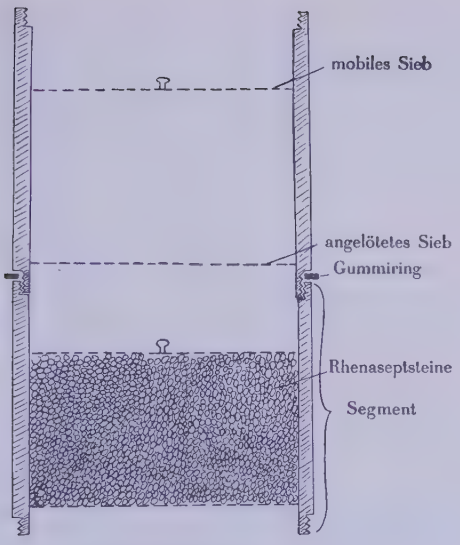
Versuche über Filtration durch ein Rhenaseptfilter

Das verwendete *Filter* wurde nach den Angaben von Herrn P. D. Dr. Regamey konstruiert und besteht aus 15 zusammenschraubbaren, verchromten Messingsegmenten, von denen jedes ein angelötetes Metallsieb als Boden und ein mobiles Sieb als Deckel aufweist, wobei die Rhenaseptfüllung zwischen beide Siebe zu liegen kommt (vgl. Skizze 3).

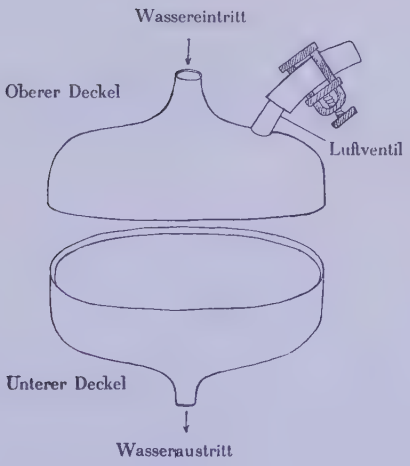
Der obere Verschluss des Gesamtfilters besitzt zwei Oeffnungen, eine für das einfliessende Wasser, die andere zum Entweichen der Luft beim Füllen des Filters. Wenn das Filter gefüllt ist, wird die Luftöffnung mit Gummischlauch und Klemme verschlossen. Das untere Endstück besitzt nur eine Oeffnung für das Abfliessen des filtrierten Wassers (vgl. Skizze 4).

Der lichte Durchmesser jeden Segmentes beträgt 9 cm. Von den 15 Filterteilen sind 10 je 2 cm hoch und sind für das Rhenaseptpräparat bestimmt; drei Teile sind je 4 cm hoch und dienen zur Aufnahme aktiver Kohle; zwei Teile bilden die Endstücke. Die

*) J. R. Geigy A.-G., Basel.



Skizze 3.



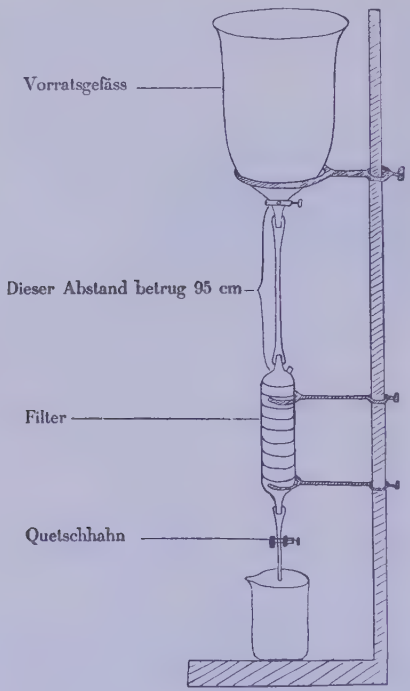
Skizze 4.

drei Kohleschichten werden am Ende des Filters eingeschraubt und dienen zur Absorption der Silberionen. Die Abdichtung zwischen den einzelnen Filterstücken ist durch Gummiringe gewährleistet.

Ueber dem Filter wurde auf einem Stativ ein graduierter, 10 l fassender Behälter als Vorratsgefäss montiert und durch einen Gummischlauch mit dem Filter verbunden. Ein zweiter Gummi-

schlauch wurde am untern Ende des Filters angebracht und mit einem Quetschhahn, der das Einstellen verschiedener Durchflussgeschwindigkeiten gestattete, versehen (vgl. Skizze 5).

Der Boden des Vorratsgefässes befand sich ungefähr 1 m über der ersten Filterschicht. Das leere Filter (ohne die drei Kohlesegmente) fasst rund 1,5 l Wasser.



Skizze 5.

Vor jedem Versuch wurde das mit Rhenasept beschickte Filter mit Leitungswasser vollständig gefüllt, dann mit dem Vorratsgefäss verbunden. Nun liessen wir zuerst 2 l Wasser durchfliessen, damit von Anfang an das ganze Filter mit keimhaltigem Wasser gefüllt war. Hierauf wurde mit dem Quetschhahn die gewünschte Ergiebigkeit eingestellt. Vor jeder Entnahme wurde der Schlauch mit dem Quetschhahn ausgewechselt. Zunächst mussten die folgenden Fragen entschieden werden: 1. Kann aus der Durchflussgeschwindigkeit pro Stunde und aus dem Filterinhalt eruiert werden, wie lange das Wasser mit dem Rhenasept in Kontakt bleibt? 2. Ist bei einem Filterinhalt von 1,5 l und einer Ergiebigkeit von ½ l pro Stunde ein dreistündiger Kontakt gewährleistet? Die Berechnung der Kon-

taktzeit aus dem Fassungsvermögen des Filters und der Durchflussgeschwindigkeit basiert auf der Voraussetzung, dass das Wasser an allen Stellen (Zentrum und Peripherie) des Filters gleich rasch passiert. Dass dies de facto nicht zutrifft, lehrt ein Vorversuch, in dem ein mit B. coli und B. prodigiosus infiziertes Wasser filtriert und das Filtrat alle 5 Minuten auf B. prodigiosus geprüft wurde. Der erstmögliche Nachweis dieser Keimart wurde bereits nach 65 Minuten geführt, während berechnungsgemäss für 1 l Wasser 90 Minuten zu erwarten gewesen wären. In den folgenden Versuchen wird daher nur die Durchflussgeschwindigkeit, und nicht die Kontaktzeit des Wassers mit dem Rhenaseptpräparat angegeben.

1. Versuche mit 50 g 1% Rhenasept-Kieselgur

Es wurden zehn Zylindersegmente, deren Siebe mit Filtrierpapier belegt wurden, verwendet, wobei jedes Segment mit 5 g 1 % Rhenasept-Kieselgur beschickt wurde. Die Durchflussgeschwindigkeit betrug ½ l pro Stunde, so dass die Kontaktzeit ungefähr zwei Stunden dauerte und nach dieser Zeit eine konstante Keimzahl zu erwarten war.

Bei Beginn des Versuches wurden aus dem Vorratsgefäss und nach 1, 2, 3, 4 und gelegentlich auch 5 Stunden vom Filtrat Wasserproben entnommen und untersucht. Geprüft wurden Wasser mit unterschiedlichen Keimzahlen.

Tabelle 13: Keimzahl 5390/cc.

Verdünnung	0 St. Agar	0 St. Trbz	1 St. Agar	1 St. Trbz	2 St. Agar	2 St. Trbz	3 St. Agar	3 St. Trbz	4 St. Agar	4 St. Trbz	5 St. Agar	5 St. Trbz
1 : 1	5100	+	56	+	42	+	39	+	40	+	38	+
1 : 10	506	+	8	+	7	+	7	+	8	+	5	+
$1 : 10^2$	64	+	0	−	0	−	0	−	0	−	0	−
$1 : 10^3$	5	+	0	−	0	−	0	−	0	−	0	−
Mittelwert	5390		78		56		55		60		44	

Tabelle 14: Keimzahl 33'600/cc.

Verdünnung	0 St. Agar	0 St. Trbz	1 St. Agar	1 St. Trbz	2 St. Agar	2 St. Trbz	3 St. Agar	3 St. Trbz	4 St. Agar	4 St. Trbz
1 : 1	++++	+	1020	+	960	+	310	+	302	+
1 : 10	3150	+	131	+	103	+	45	+	40	+
1 : 10^2	330	+	11	+	10	+	4	+	4	+
1 : 10^3	30	+	0	−	0	−	0	−	0	−
1 : 10^4	4	+	0	−	0	−	0	−	0	−
Mittelwert	33'600		1430		1003		387		367	

Tabelle 15: Keimzahl 506'000/cc.

Verdünnung	0 St. Agar	0 St. Trbz	1 St. Agar	1 St. Trbz	2 St. Agar	2 St. Trbz	3 St. Agar	3 St. Trbz	4 St. Agar	4 St. Trbz
1 : 1		+	760	+	600	+	750	+	510	+
1 : 10		+	58	+	36	+	74	+	45	+
1 : 10^2	4900	+	12	+	4	+	10	+	7	+
1 : 10^3	514	+	2	+	2	+	1	+	0	−
1 : 10^4	52	+	0	−	0	−	0	−	0	−
1 : 10^5	5	+	0	−	0	−	0	−	0	−
Mittelwert	506'000		1135		840		873		533	

In Tabelle 16 sind alle diese Versuche zusammengestellt.

Tabelle 16.

0 St.	1 St.	2 St.	3 St.	4 St.	5 St.
5'390	78	56	55	60	44
33'600	1130	1003	387	367	./.
506'000	1136	840	673	533	./.

./. = nicht durchgeführt.

Die erzielten Versuchsergebnisse erlauben die folgenden Schlüsse:

1. 1 % Rhenasept-Kieselgur besitzt eine baktericide Wirkung gegenüber B. coli.

2. Die Abtötung der meisten Keime findet innerhalb der ersten Stunde statt.

3. Es besteht ein gewisses Verhältnis zwischen Keimabtötungsvermögen des Desinfiziens und Keimzahl des zu sterilisierenden Wassers. Rhenasept wirkt besser, wenn wenig Keime vorhanden sind.

4. Bei der bereits beschriebenen Versuchsanordnung ist das Rhenasept nicht imstande, das Wasser zu sterilisieren. Die Keimzahl wird nur bis zu einem bestimmten Grade herabgesetzt.

Das durch Rhenasept filtrierte Wasser hat sich während der Durchfliessung der verschiedenen Schichten mit Silberionen beladen. Dieses Wasser erwies sich erst nach zirka 14stündigem Stehenlassen als völlig entkeimt.

2. Versuche mit 50 g 4,5% Rhenasept-Kieselgur

Ausser der höheren Konzentration von Rhenasept wurden dieselben Versuchsbedingungen eingehalten: 10 Schichten zu 5,0 g, Durchflussgeschwindigkeit ½ l pro Stunde. Variierung der Keimzahlen.

Tabelle 17: Keimzahl 5490/cc.

Verdünnung	0 St. Agar	0 St. Trbz	1 St. Agar	1 St. Trbz	2 St. Agar	2 St. Trbz	3 St. Agar	3 St. Trbz	4 St. Agar	4 St. Trbz
1 : 1	4850	+	16	+	12	+	5	+	8	+
1 : 10	490	+	0	−	0	−	0	−	0	−
1 : 10^2	52	+	0	−	0	−	0	−	0	−
1 : 10^3	7	+	0	−	0	−	0	−	0	−
Mittelwert	5490		16		12		5		8	

Tabelle 18: Keimzahl 23'700/cc.

Verdünnung	0 St. Agar	0 St. Trbz	1 St. Agar	1 St. Trbz	2 St. Agar	2 St. Trbz	3 St. Agar	3 St. Trbz	4 St. Agar	4 St. Trbz
1 : 1	++++	+	21	+	17	+	12	+	14	+
1 : 10	2100	+	3	+	1	+	0	—	0	—
1 : 10^2	220	+	0	—	0	—	0	—	0	—
1 : 10^3	28	+	0	—	0	—	0	—	0	—
Mittelwert	23'700		26		14		12		14	

Tabelle 19: Keimzahl 338'000/cc.

Verdünnung	0 St. Agar	0 St. Trbz	1 St. Agar	1 St. Trbz	2 St. Agar	2 St. Trbz	3 St. Agar	3 St. Trbz	4 St. Agar	4 St. Trbz
1 : 1		+	610	+	590	+	570	+	580	+
1 : 10	++++	+	56	+	56	+	60	+	58	+
1 : 10^2	3800	+	15	+	9	+	9	+	8	+
1 : 10^3	320	+	0	—	1	+	0	—	0	—
1 : 10^4	25	+	0	—	0	—	0	—	0	—
1 : 10^5	4	+	0	—	0	—	0	—	0	—
Mittelwert	338'000		890		763		690		653	

Diese Versuche wurden mehrmals wiederholt. Ein Teil unserer Ergebnisse ist in Tabelle 20 zusammengestellt.

Tabelle 20.

0 St.	1 St.	2 St.	3 St.	4 St.
5'490	16	12	5	8
23'700	26	14	12	14
119'000	19	16	18	17
163'600	91	16	23	20
235'000	168	115	68	113
338'000	890	763	690	653

Im Vergleich zu den früheren Versuchen (vgl. Tabelle 16) ergeben sich die folgenden Feststellungen:

1. 4,5 % Rhenasept-Kieselgur wirkt besser als 1 %, aber nur, wenn das Wasser wenig Bakterien enthält (vgl. Tabelle 13 und 17). Ist das Wasser stark keimhaltig, so ist die baktericide Wirkung ebenfalls unbefriedigend (vgl. Tabelle 15 und 19). Diese Beobachtung lässt vermuten, dass die Abgabe von Silberionen ungenügend ist und dass eine Verbesserung der Befunde wohl nur durch die Vergrösserung der Oberfläche des Präparates erreicht werden könnte.

2. Tabelle 13 und 17 zeigt deutlich die bessere Wirkung des konzentrierten Präparates. Warum bei der 4,5 % Konzentration nicht alle Keime abgetötet werden, könnte bedingt sein:

a) durch das Vorhandensein von Colibazillen unterschiedlicher Resistenz;

b) durch eine an und für sich ungenügende Rhenaseptmenge.

Es wurden daher Versuche angestellt, in denen die Oberfläche bzw. Menge des oligodynamisch wirksamen Präparates vergrössert wurde.

3. Versuche mit 200 g 4,5% Rhenasept-Kieselgur

Jedes Filtersegment wurde mit 20 g 4,5 % Rhenasept-Kieselgur beschickt, so dass das Gesamtgewicht des Präparates 200 g betrug. Sonst blieb die Versuchsanordnung die gleiche wie früher. Zur Erzielung eines klaren Filtrates wurden die Siebe mit Watteeinlagen, die den Wasserdurchfluss weniger behindern als Filterpapier, versehen.

Tabelle 21: Keimzahl 4570/cc.

Verdünnung	0 St. Agar	0 St. Trbz	1 St. Agar	1 St. Trbz	2 St. Agar	2 St. Trbz	3 St. Agar	3 St. Trbz	4 St. Agar	4 St. Trbz
1 : 1		+	0	−	0	−	0	−	0	−
1 : 10	420	+	0	−	0	−	0	−	0	−
1 : 10^2	45	+	0	−	0	−	0	−	0	−
1 : 10^3	5	+	0	−	0	−	0	−	0	−
Mittelwert	4570		0		0		0		0	

Gleiche Versuche wurden mit folgenden Keimzahlen durchgeführt:

102'000 B. coli pro cc.
147'500 » » »
247'000 » » »
1'866'000 » » »

In jedem Fall war das Wasser nach einer Stunde steril. Die Vermehrung der Silbermangandioxydoberfläche gestattet demnach innerhalb einer Stunde eine vollständige Entkeimung des Wassers, auch wenn das Wasser eine grosse (1'866'000) Zahl von Colikeimen enthält.

Der mögliche Einwand, dass das versilberte Wasser in den Nährböden entwicklungshemmende Eigenschaften entfaltet, ist nicht stichhaltig, da auch in der Wasserverdünnung, welche noch weniger Metallionen als die Verdünnung 1:1 der früheren Versuche (z. B. Tabelle 13, 14, 15, 17) enthalten, kein Keimwachstum auftrat.

Damit ist auch festgestellt, dass das baktericide Vermögen und die Rhenaseptkonzentration nicht parallel gehen, sondern dass die freien Silberionen eine bestimmte Konzentration erreichen müssen, um sämtliche B. coli zu vernichten. Ist diese optimale Konzentration erreicht, so werden sämtliche Colibazillen, gleichgültig welcher Keimzahl, mit Sicherheit abgetötet.

Diese Befunde gelten jedoch nur für B. coli und pathogene Keime ähnlicher Resistenz. Wasserkeime bzw. sporulierende Saprophyten werden dagegen, wie wir uns wiederholt überzeugten, auch nach zwei Stunden nicht vernichtet.

4. Versuche mit 1% Rhenasept-Steinen

In drei Versuchen haben wir die baktericide Wirkung der Rhenaseptsteine in Abhängigkeit von der Durchflussgeschwindigkeit und der Keimzahl untersucht.

Da die Rhenaseptsteine viel gröber sind als Kieselgur, genügen für die Abdichtung der Siebe einfache Gazeeinlagen, was die Ergiebigkeit des Filters in hohem Grade steigert.

Das Filter bestand aus zehn Segmenten mit je 50 g des Präparates, d. h. insgesamt 500 g 1 % Rhenaseptsteinen. Inhalt des Filters 1080 cc. Bei einem Filterinhalt von 1080 cc. und einer Durchflussgeschwindigkeit von 1 l/St. bzw. 2 l/St. wurde eine Kontaktzeit von 1 bzw. 2 Stunden berechnet. Die Durchflussgeschwindigkeit wurde variiert und betrug 1, 2, 3, 4, 5 und 6 l pro Stunde. Jede Versuchsphase wurde mit 3 l Wasser durchgeführt; nach dem jeweiligen

Durchfluss von 1 l wurden Filtratproben entnommen. Zwischen zwei Versuchsphasen haben wir das Filter mit 2 l des infizierten Wassers rasch gespült und anschliessend eine neue Titration durchgeführt. In Tabelle 22 ist diese Versuchsanordnung dargestellt.

Tabelle 22.

Sp: Rasche Spülung des Filters mit 2 l keimhaltigen Wassers.

B: Bestimmung der Keimzahl und des Colititers im Ausgangswasser nach Sp.

F: Ebenso, nachdem 1 l Wasser das Filter mit der gewünschten Geschwindigkeit durchflossen hatte.

Zeitintervall der Probeentnahmen	Durchflussgeschwindigkeit Stunde					
	1 l	2 l	3 l	4 l	5 l	6 l
1 St.	F					
2 »	F					
3 »	F					
	Sp	B				
3½ St.		F				
4 »		F				
4½ »		F				
		Sp	B			
4 St. 50 Min.			F			
5 » 10 »			F			
5 » 30 »			F			
			Sp	B		
5 St. 45 Min.				F		
6 »				F		
6 » 15 »				F		
				Sp	B	
6 St. 27 Min.					F	
6 » 39 »					F	
6 » 51 »					F	
					Sp	B
7 St. 01 Min.						F
7 » 11 »						F
7 » 21 »						F

Tabelle 23 gibt über das Ergebnis des ersten Versuches, der mit einer kleinen Keimmenge angestellt wurde, Aufschluss.

Tabelle 23.

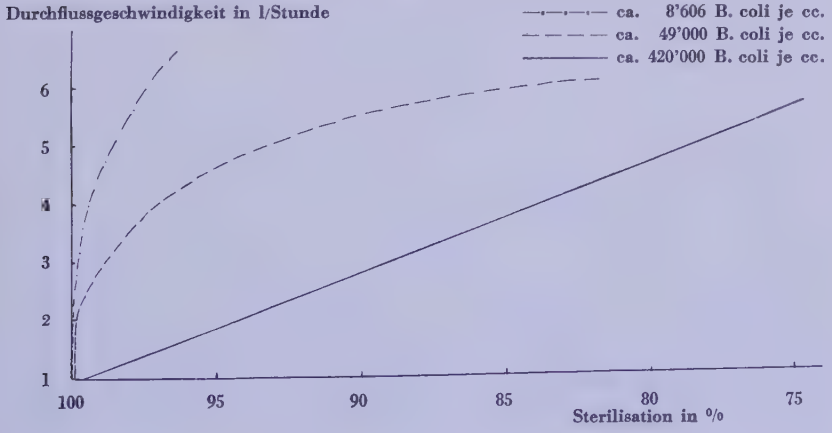
Verdünnung	Agar 0 St.	Trbz	Agar 1 St.	Trbz	Agar 2 St.	Trbz	Agar 3 St.	Trbz
1 : 1	++++	+	0	—	0	—	0	—
1 : 10	1080	+	0	—	0	—	0	—
1 : 10^2	93	+	0	—	0	—	0	—
1 : 10^3	9	+	0	—	0	—	0	—
Mittelwert	9700		0		0		0	
Verdünnung	**0 St.**		**½ St.**		**1 St.**		**1½ St.**	
1 : 1	++++	+	0	—	0	—	0	—
1 : 10	910	+	0	—	0	—	0	—
1 : 10^2	95	+	0	—	0	—	0	—
1 : 10^3	8	+	0	—	0	—	0	—
Mittelwert	8870		0		0		0	
Verdünnung	**0 St.**		**20 Min.**		**40 Min.**		**60 Min.**	
1 : 1	++++	+	85	+	34	+	41	+
1 : 10	1100	+	9	+	2	+	3	+
1 : 10^2	91	+	0	—	0	—	0	—
1 : 10^3	10	+	0	—	0	—	0	—
Mittelwert	10'000		88		27		36	
Verdünnung	**0 St.**		**15 Min.**		**30 Min.**		**45 Min.**	
1 : 1	++++	+	62	+	58	+	19	+
1 : 10	690	+	3	+	4	+	5	+
1 : 10^2	75	+	0	—	0	—	0	—
1 : 10^3	8	+	0	—	0	—	0	—
Mittelwert	7470		46		49		35	
Verdünnung	**0 St.**		**12 Min.**		**24 Min.**		**36 Min.**	
1 : 1	++++	+	86	+	102	+	98	+
1 : 10	730	+	25	+	13	+	8	+
1 : 10^2	84	+	8	+	1	+	0	—
1 : 10^3	7	+	0	—	0	—	0	—
Mittelwert	7570		379		111		89	
Verdünnung	**0 St.**		**10 Min.**		**20 Min.**		**30 Min.**	
1 : 1	++++	+	118	+	120	+	116	+
1 : 10	670	+	11	+	9	+	12	+
1 : 10^2	58	+	1	+	0	—	0	—
1 : 10^3	11	+	0	—	0	—	0	—
Mittelwert	7830		109		105		118	

Zwei übrige Versuche wurden mit grösseren Keimzahlen angesetzt. Die erzielten Versuchsresultate sind in Tabelle 24 zusammengefasst.

Tabelle 24.

Durchfluss-geschwindigkeit in l pro Stunde	Probe nach Spülung des Filters	1. Probe	2. Probe	3. Probe	Sterilisation in %
		nach Kontakt mit Rhenasept			
1	9'700	0	0	0	100
2	8'870	0	0	0	100
3	10'000	88	27	36	99,5
4	7'470	46	49	35	99,4
5	7'570	379	111	89	97,5
6	7'830	109	105	118	98,6
1	59'000	4	8	7	99,9
2	44'000	10	9	./.	99,9
3	44'500	812	755	322	98,6
4	52'000	1'270	1'460	860	97,8
5	52'300	5'940	2'040	2'810	93,2
6	42'900	8'870	5'850	6'470	83,5
1	390'000	2'500	1'470	1'220	99,6
2	440'000	24'000	22'000	26'000	94,5
3	370'000	69'000	53'000	50'000	84,6
4	420'000	77'000	57'000	55'000	85,0
5	490'000	106'000	108'000	86'000	79,6
6	410'000	112'000	99'000	./.	74,3

Skizze 6. Bakterizides Vermögen von 500 g 1 % Rhenaseptsteinen im Verhätnis zu Keimzahl des Wassers und Ergiebigkeit des Filters.



In sämtlichen Versuchen (Tabelle 23, 24 und Skizze 6) wurden die früheren Befunde bestätigt, nämlich dass der Grad der Wassersterilisation bei der Rhenasept-Filtermethode von den folgenden Faktoren abhängig ist:

1. der Durchflussgeschwindigkeit;
2. der anfänglichen Keimzahl des Wassers;
3. der Rhenaseptmenge.

Rhenasept*steine* besitzen jedoch nicht dieselbe baktericide Kraft wie Rhenasept*kieselgur*, zweifellos, weil die Gesamtoberfläche, kleiner ist und daher auch weniger Silberionen abgegeben werden. Dagegen ist die Ergiebigkeit um ein Vielfaches gesteigert.

Trotz der geringen Rhenaseptkonzentration der Steine (1 %) konnten wir in einem — ersten — Versuch bei einer Keimzahl des Wassers von 9000 Colibazillen/1 cc. und einer Durchflussgeschwindigkeit von 1 und 2 Stundenlitern *eine vollständige Sterilität* des filtrierten Wassers beobachten. Sämtliche anderen Versuche ergaben jedoch unsteriles filtriertes Wasser. Während die Sterilisation eines schwach infizierten Wassers (8'600 Keime pro 1 cc.) relativ gut ist und sich mit der Steigerung der Durchflussgeschwindigkeit nicht stark ändert, zeigt ein reichlich infiziertes Wasser mit zunehmender Durchflussgeschwindigkeit einen rasch ansteigenden Keimgehalt.

Es wäre zu erwarten, dass Steine von höherem Silbermangandioxydgehalt bessere Ergebnisse zeitigen würden. Mit einem Material, dessen Partikeldurchmesser zwischen dem der Steine und demjenigen der Kieselgur liegen und dessen Rhenaseptgehalt noch gesteigert würde, könnte wohl ein optimales Verhältnis zwischen Durchflussgeschwindigkeit und Sterilisiervermögen erzielt werden.

Kübelversuche

Wir verwendeten das gleiche zylindrische Steingutgefäss von ca. 150 l Fassungsvermögen, das wir bei den Chlorierungsversuchen benützten. Der Kübel wurde mit 50 l Leitungswasser, das mit einer bestimmten Menge Coli-Kultur beimpft wurde, gefüllt. Für die Desinfektion wurde 4,5 % Rhenasept-Kieselgur verwendet; das Präparat wurde, in Filtrierpapier eingeschlagen, in einem Stoffbeutel aufgehängt. Das eingefüllte Wasser wurde mit der Handpumpe 5 Minuten lang gemischt; anschliessend wurden Wasserproben sofort und nach verschiedenen Zeitintervallen entnommen. Nach jeder Wasserentnahme fand eine ausgiebige Durchmischung des Kübelinhaltes statt, mit dem Zweck, die Silberionen möglichst gleichmässig zu verteilen.

5. Versuche mit 200 g 4,5% Rhenasept-Kieselgur

In den Beutel kamen 200 g 4,5 % Rhenasept-Kieselgur. Die Prüfung von unterschiedlich stark infiziertem Wasser erfolgte in drei Versuchen.

Tabelle 25: Keimzahl 2450/cc.

Verdünnung	0 St. Agar	0 St. Trbz	1 St. Agar	1 St. Trbz	2 St. Agar	2 St. Trbz	3 St. Agar	3 St. Trbz	5 St. Agar	5 St. Trbz	8 St. Agar	8 St. Trbz	24 St. Agar	24 St. Trbz
1 : 1	++++	+	1450	+	22	+	11	+	8	+	3	–	1	–
1 : 10	215	+	152	+	9	+	1	+	0	–	0	–	0	–
1 : 10^2	22	+	9	+	4	+	0	–	0	–	0		0	–
1 : 10^3	3	+	2	+	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–
1 : 10^4	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–
Mittelwert	2450		1470		171		11		8		0		0	

Tabelle 26: Keimzahl 22'000/cc.

Verdünnung	0 St. Agar	0 St. Trbz	1 St. Agar	1 St. Trbz	2 St. Agar	2 St. Trbz	3 St. Agar	3 St. Trbz	5 St. Agar	5 St. Trbz	8 St. Agar	8 St. Trbz	24 St. Agar	24 St. Trbz
1 : 1	++++	+	3500	+	18	+	12	+	5	+	1	–	0	–
1 : 10	1850	+	402	+	6	+	5	+	0	–	0	–	0	–
1 : 10^2	186	+	82	+	2	+	0	–	0	–	0	–	0	–
1 : 10^3	21	+	5	+	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–
1 : 10^4	3	+	0	–	0	–	0	–	0		0	–	0	–
1 : 10^5	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–
Mittelwert	22'000		5180		93		31		0		0		0	

Tabelle 27: Keimzahl 134'000/cc.

Verdünnung	0 St. Agar	0 St. Trbz	1 St. Agar	1 St. Trbz	2 St. Agar	2 St. Trbz	3 St. Agar	3 St. Trbz	5 St. Agar	5 St. Trbz	8 St. Agar	8 St. Trbz	24 St. Agar	24 St. Trbz
1 : 1		+		+		+		+		+	1300	+	700	+
1 : 10	++++	+	++++	+	++++	+	++++	+	++++	+	120	+	80	+
$1 : 10^2$	1400	+	800	+	780	+	750	+	620	+	60	+	12	+
$1 : 10^3$	133	+	90	+	75	+	70	+	60	+	7	+	0	−
$1 : 10^4$	13	+	5	+	5	+	4	+	3	+	0	−	0	−
$1 : 10^5$	0	+	0	−	0	−	0	−	0	−	0	−	0	−
Mittelwert	134'000		73'000		68'000		61'700		57'000		3870		900	

Das Kübelverfahren gestattet demnach — unter den oben beschriebenen Versuchsbedingungen —, ein steriles Wasser zu gewinnen. Die Sterilisation ist jedoch nicht ausnahmslos vollständig und ist erwartungsgemäss abhängig von der Einwirkungszeit und der Bakterienkonzentration.

In der nächsten Versuchsserie wurden grössere Rhenaseptmengen angewendet.

6. Versuche mit 400 g 4,5% Rhenasept-Kieselgur

Tabelle 28: Keimzahl 3025/cc.

Verdünnung	0 St. Agar	0 St. Trbz	1 St. Agar	1 St. Trbz	2 St. Agar	2 St. Trbz	3 St. Agar	3 St. Trbz	5 St. Agar	5 St. Trbz	8 St. Agar	8 St. Trbz	24 St. Agar	24 St. Trbz
1 : 1	2700	+	620	+	41	+	12	+	6	+	1	−	2	−
1 : 10	260	+	56	+	3	+	2	+	0	−	0	−	0	−
$1 : 10^2$	28	+	6	+	0	−	0	−	0	−	0	−	0	−
$1 : 10^3$	4	+	0	−	0	−	0	−	0	−	0	−	0	−
$1 : 10^4$	0	−	0	−	0	−	0	−	0	−	0	−	0	−
Mittelwert	3025		593		36		16		6		0		0	

Tabelle 29: Keimzahl 33'500/cc.

Verdünnung	0 St. Agar	0 St. Trbz	1 St. Agar	1 St. Trbz	2 St. Agar	2 St. Trbz	3 St. Agar	3 St. Trbz	5 St. Agar	5 St. Trbz	8 St. Agar	8 St. Trbz	24 St. Agar	24 St. Trbz
1 : 1	++++	+	++++	+	1100	+	900	+	3	+	1	–	0	–
1 : 10	2900	+	1400	+	160	+	52	+	0	–	0	–	0	–
$1 : 10^2$	330	+	190	+	18	+	5	+	0	–	0	–	0	–
$1 : 10^3$	32	+	25	+	10	+	0	–	0	–	0	–	0	–
$1 : 10^4$	4	+	2	+	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–
$1 : 10^5$	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–
Mittelwert	33'500		19'500		1375		640		3		0		0	

Tabelle 30: Keimzahl 214'000/cc.

Verdünnung	0 St. Agar	0 St. Trbz	1 St. Agar	1 St. Trbz	2 St. Agar	2 St. Trbz	3 St. Agar	3 St. Trbz	5 St. Agar	5 St. Trbz	8 St. Agar	8 St. Trbz	24 St. Agar	24 St. Trbz
1 : 1		+		+		+		+		+	++++	+	3	–
1 : 10	++++	+	++++	+	++++	+	++++	+	++++	+	970	+	0	–
$1 : 10^2$	2100	+	1850	+	1750	+	1200	+	1080	+	105	+	0	–
$1 : 10^3$	215	+	195	+	180	+	125	+	118	+	7	+	0	–
$1 : 10^4$	23	+	19	+	20	+	12	+	9	+	0	–	0	–
$1 : 10^5$	2	+	3	+	2	+	1	+	0	–	0	–	0	–
$1 : 10^6$	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–
Mittelwert	214'000		217'500		189'000		116'000		105'000		9070		0	

Sämtliche Resultate der Versuche 25—30 sind in Tabelle 31 wiedergegeben.

Tabelle 31.

Rhenasept-Quantum	0 St.	1 St.	2 St.	3 St.	5 St.	8 St.	24 St.
200 g	2'450	1'470	171	11	8	0	0
400 g	3'025	593	36	16	6	0	0
200 g	22'000	5'180	93	31	5	0	0
400 g	33'500	19'500	1'375	640	3	0	0
200 g	134'000	73'000	68'000	61'700	57'000	3'870	900
400 g	214'000	217'000	184'000	116'000	105'000	9'070	0

Die Möglichkeit, künstlich infiziertes Wasser durch ein einfaches Verfahren — Eintauchen eines Rhenaseptbeutels in das Wasser — zu entkeimen, ist somit gegeben. Bei einer Colizahl von 35'500/cc. gelingt die Entkeimung innerhalb 8 Stunden. Bei höheren Keimzahlen — bis zu 214'000/cc. — ist eine Sterilisation in 24 Stunden möglich, falls 400 g Rhenasept verwendet werden. Möglicherweise wären die Ergebnisse noch günstiger gewesen, wenn das Rhenasept nicht in einem Beutel eingeschlossen, sondern einfach in den Kübel eingestreut worden wäre. Ausserdem könnte der baktericide Effekt des Rhenasept durch noch im Kübel vorhandene Chlorspuren beeinträchtigt worden sein.

Prüfung des Wassers auf seinen Silbergehalt

In den Wasserproben der Versuchsserie 4 (Filterversuche) bzw. 5 und 6 (Kübelversuche) wurde mit Hilfe der Mikromethode von *Feigl* der Silbergehalt bestimmt. Diese empfindliche Methode, welche noch Konzentrationen von 0,04 mg pro 100 cc. erfasst, zeigte, dass sämtliche eingesandten Wasserproben *keine Ag-Ionen oder weniger als 0,04 mg in 100 cc. enthielten.* Bei allen Lösungen konnten dagegen Spuren von Cl-Ionen festgestellt werden. Dieser Clornachweis ist nicht ohne Interesse und könnte in der Beurteilung des Rhenaseptpräparates eine Rolle spielen, da sämtliche Versuche mit chloriertem Wasser durchgeführt wurden, so dass die Leistungen des Rhenasept in nicht vorchloriertem Wasser möglicherweise besser sind.

Zusammenfassung

1. *Rhenasept, ein an Kieselgur oder Silikatsteine adsorbiertes Silbermangandioxyd, wurde auf seine baktericiden Eigenschaften gegenüber B. coli und damit auf seine Eignung für die Trinkwasserentkeimung geprüft.*

2. *Filtriert man das zu entkeimende Wasser durch mehrere Schichten von Rhenasept-Kieselgur, so wird eine völlige Entkeimung von stark infiziertem Wasser nur dann erreicht, wenn die Menge und Konzentration des Rhenaseptpräparates ausreichend gross ist. In den vorstehenden Versuchen wurden 200 g von 4,5 % Rhenasept-Kieselgur zur völligen Wasserentkeimung benötigt; die Ausbeute an sterilisiertem Wasser betrug hierbei nur ½ l pro Stunde.*

3. *Die Filtration durch 1 % Rhenasept-Silikatsteine ergibt nur dann ein keimfreies Wasser, wenn der Keimgehalt des Wassers nicht allzu gross (< 10'000 Keime/1 cc.) ist und die Durchflussgeschwindigkeit 2 Stundenliter nicht überschreitet.*

4. *Zur Entkeimung von stehendem Wasser (Kübelverfahren) sind pro 50 l Wasser 200—400 g von 4,5 % Rhenasept-Kieselgur erforderlich. Bei mässig infiziertem Wasser (< 30'000 Keime/1 cc.) ist die Sterilisation bereits nach 8, bei stärker infizierten Wasserproben (100'000—200'000 Keime/1 cc.) erst nach 24 Stunden vollständig.*

5. *Im mit Rhenasept behandelten Wasser konnten keine Silberionen nachgewiesen werden.*

Allgemeine Beurteilung und Verbesserungsvorschläge

Für die Entkeimung von nicht mit organischen Stoffen verunreinigten Wasserproben ist das Rhenaseptverfahren zweifellos brauchbar. Immerhin müsste für die feldmässige Trinkwasserzubereitung eine grössere Leistungsfähigkeit verlangt werden. Möglicherweise wäre dieses Ziel zu erreichen durch die Adsorption von noch höher konzentriertem Rhenasept an ein Material von mittlerer Korngrösse. Zur Zeit ist die Wasserchlorierung nach dem Zerhydverfahren hinsichtlich Zuverlässigkeit und Ergiebigkeit dem Rhenasept überlegen.

Literatur

[1] *Koch R.:* Mitt. a. d. kais. Gesundheitsamt *1*, 234 (1881).

[2] *Fischer B. und Proskauer B.:* ebd. 2, 228 (1884).

[3] *Nissen F.:* Zschr. f. Hygiene 8, 62 (1890).

[4] *Traube M.:* ebd. *16*, 149 (1894).

[5] *Kratschmer F.:* Handb. d. Hyg. v. Weyl *1*, 707 (1893).

[6] *Karlinski:* zit. nach *Ulsamer O.:* Ergebnisse der Immunitätsforschung *8*, 661 (1926).

[7] *Duyk M.:* Wasser und Abwasser *2*, 45 (1911).

[8] *Hühnermann und Deiter:* Deutsche med. Wschr. 1901, pg. 391.

[9] *Ballner F.:* Archiv f. Hygiene *48*, 140 (1904).

[10] *Raschig:* zit. nach *Koschkin:* Zeitschr. f. Hyg. 115, 99 (1933).

[11] *Naegeli C.:* Neue Denkschr. d. allg. schweiz. Gesellschaft f. d. ges. Naturwissenschaften *33*, Abt. 1 (1893).

[12] *Krause G. A.:* Gesundheits-Ingenieur II, 500 (1929).

[13] *Kruse W.:* Archiv f. Hygiene *120*, 177 (1938).

[14] *Hoffmann S.:* Schweiz. med. Wschr. 1938, pg. 1278.

[15] *Regamey R.:* Journal trim. des officiers suisses du service de santé n° 1, pg. 18 (1943).